

Rec'd PCT/PTO 31 MAY 2005
~~XX~~
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 06 FEB 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 56 505.8
Anmeldetag: 04. Dezember 2002
Anmelder/Inhaber: Barco Control Rooms GmbH,
76229 Karlsruhe/DE
Bezeichnung: Helligkeitsregelung eines Projektionsapparates
IPC: G 03 B, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Anmelder: Barco Control Rooms GmbH
5 Karlsruhe, DE

10

Helligkeitsregelung eines Projektionsapparates

Die Erfindung betrifft die Helligkeitsregelung bei Projektionsapparaten. Projektionsapparate dienen zum Projektieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm. Die
15 Erfindung richtet sich auf Projektionsapparate, die einen Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Kondensoroptik bzw. einem fokussierenden Lampenreflektor (z.B. in elliptischer oder komplexerer Form) zum Beleuchten des
20 Bildgebers, eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung und
25 einen variablen Intensitätsabschwächer zum Regeln des Lichtstromes, der im Strahlengang zwischen der Lampe der Beleuchtungseinheit und dem Bildgeber angeordnet ist, umfassen. In der Regel ist der Bildgeber und/oder die Projektionseinrichtung zum Einstellen der Lage des projizierten Bildes auf dem Projektionsschirm in einer mit Justageelementen einstellbaren Position in oder an dem
30 Projektionsapparat befestigt.

Man unterscheidet zwischen Auflicht- und Rückprojektionsapparaten. Ein Unterschied zwischen Auflichtprojektoren

und Rückprojektionssystemen besteht darin, daß in Rückprojektionsapparaten zumeist weitere optische Elemente wie Umlenkspiegel und Projektionsschirme enthalten sind, die in Auflichtprojektoren nicht verwendet werden.

5

Sowohl Auflicht- als auch Rückprojektionsapparate dienen zum Anzeigen eines Bildes auf einem großflächigen Projektionsschirm. Der Bildgeber kann dabei ein Durchlicht-Bildgeber sein, also ein Bildgeber, der transmissiv von einer Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten des Bildgebers durchleuchtet wird, oder ein reflektierender Bildgeber, der von der Beleuchtungseinrichtung beleuchtet wird. Nach dem Stand der Technik werden beispielsweise Durchlicht-Flüssigkristall-Bildgeber oder auch reflektive Flüssigkristall-Bildgeber oder DMDs (Trademark of Texas Instruments Inc., Digital-Micromirror-Device) verwendet.

Eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers bzw. Durchleuchten des Durchlicht-Bildgebers umfaßt in der Regel eine Lichtquelle, einen Reflektor und eine oder mehrere Kondensorlinsen zum Ausleuchten des Bildgebers. Ferner können zusätzliche Lichtdurchmischungseinrichtungen, beispielsweise zum optimalen Ausleuchten eines rechteckigen Bildformates, vorgesehen sein. Auch kann auch auf die Kondensoroptik bei Verwendung eines fokussierenden, z.B. elliptischen Lampenreflektors verzichtet werden. Die Projektionseinrichtung bzw. die Beleuchtungseinheit ist entweder in den Projektionsapparat integriert oder an diesem angesetzt. Ein Projektionsapparat ist somit eine abgeschlossene, vollständige Einheit zum Darstellen eines Bildes, wobei in einem Rückprojektionsapparat ein Bildschirm zum Betrachten des Bildes integriert ist.

- Insbesondere Rückprojektionsmodule finden eine breite Anwendung in Fällen, in denen ein komplexes Bild, beispielsweise bestehend aus verschiedenen Video- oder Computerbildern, großflächig angezeigt werden soll. Verbreitete Einsatzbereiche für solche Rückprojektionsapparate sind Bildwände, die von mehreren Personen gleichzeitig betrachtet werden. Insbesondere in der modernen Leitwartentechnik ist die Großbildrückprojektion verbreitet.
- 5
- 10 Wenn das angezeigte Bild bei gegebenen Qualitätsanforderungen eine bestimmte Größe und Komplexität überschreiten soll, ist dies nicht mehr mit einem einzigen Rückprojektionsmodul möglich. In solchen Fällen wird das Bild aus Teilbildern, die jeweils von einem Rückprojektionsmodul 15 angezeigt werden, zusammengesetzt. Das jeweils von einem Rückprojektionsmodul angezeigte Bild ist in diesem Fall ein Teilbild des von allen Rückprojektionsmodulen zusammen angezeigten Gesamtbildes der Bildwand.
- 20 Nach dem Stand der Technik ist es möglich, eine große Anzahl von Rückprojektionsmodulen in einem modularen Aufbau einer Projektionsbildwand aneinanderzureihen und/oder übereinander zu stapeln, um ein aus vielen einzelnen Teilbildern zusammengesetztes Großbild darzustellen. Die 25 Anzahl der Rückprojektionsmodule, die zu einer Projektionsbildwand zusammengesetzt werden, beträgt bis zu 150 oder mehr.
- Weitere Einzelheiten zu Rückprojektionsmodulen sind dem 30 Dokument EP 0 756 720 B1 zu entnehmen, auf das hiermit Bezug genommen wird.
- Zur Erzielung einer homogenen oder homogenisierten Ausleuchtung ist es vorteilhaft, wenn der Projektionsapparat 35 eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen ört-

- licher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung umfaßt. Bevorzugt kommt hierbei eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Einsatz, die sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckt, insbesondere ein Lichtmischstab.
- 5 Lichtmischstäbe sind im Stand der Technik bekannt. Bekannte Ausführungsformen umfassen z.B. Hohlmischstäbe (siehe z.B. US 5,625,738) und Vollmischstäbe (siehe z.B. DE 10103099 A1).
- 10 Die auch als Integrationsgrad bezeichnete Homogenisierungswirkung eines Lichtmischstabes hängt bei gegebener Winkelverteilung der Beleuchtung vom Verhältnis der Länge zum Querschnitt ab. Je größer dieses Verhältnis ist, desto höher ist der Integrationsgrad. Bei einer Beleuchtung mit Blendenzahl f im Bereich 1 bis 1.5 beträgt das Verhältnis für einen üblichen Lichtmischstab etwa 5 bis 15 10 bei einer Länge von 50 mm. Ein hochintegrierender Mischstab hat etwa die doppelte Länge, d.h. ein Verhältnis von 10 bis 20. Da sich bei einer Vergrößerung des 20 Verhältnisses die mittlere Zahl der Reflexionen im Inneren des Lichtmischstabes vergrößert, entstehen dabei höhere Reflexionsverluste und damit eine geringere Lichtausbeute. Aus diesem Grund und wegen des praktisch zur Verfügung stehenden Platzes für den Einbau des Lichtmischstabes ist daher der in der Praxis erzielbare Integrationsgrad beschränkt.
- 25 An Projektionsgeräte, insbesondere an modular aus mehreren Projektionsgeräten aufgebaute Bildwände, werden in vielen Fällen hohe Anforderungen gestellt. Ein besonderes Problem besteht dabei in der Erzielung und Einhaltung einer bestimmten und gleichmäßigen Helligkeit des Bildes bzw. der Bilder, was aufgrund folgender technischer Ursachen nach dem Stand der Technik nur unzureichend erfüllt 30 werden kann:

- Die in den unterschiedlichen Projektionsapparaten verwendeten Lampen, bei denen es sich in vielen Anwendungen um Hochleistungslampen handelt, haben eine unterschiedliche Grundhelligkeit. Dies erfordert einen aufwendigen Abgleich der einzelnen Projektionsgeräte, um eine einheitliche Darstellung auf einer Bildwand zu erzielen.
- Über die Lebensdauer der Lampen ändert sich der für den Projektionsapparat ausnutzbare Lichtstrom der Lampen. Dieser Alterungsprozeß ist zudem lampenabhängig. Dies erfordert einen wiederholten Helligkeitsabgleich der Projektionsapparate.
- Auch Herstellungstoleranzen der sonstigen optischen Komponenten führen zu Schwankungen des Lichtflusses auf der Projektionsfläche, was einen Helligkeitsabgleich der Projektionsapparate erforderlich macht.

Zur Lösung dieser hohen technischen Anforderungen werden nach dem Stand der Technik verschiedene, aufwendige Methoden eingesetzt, die jedoch die genannten Probleme nicht vollständig lösen:

- Die Lampen werden in hohem Maße selektiert, um minimale, nicht weiter unterschreitbare Fertigungstoleranzen zu überwinden. Dies ist aufwendig und mit hohen Kosten verbunden.
- Während der Installation eines Projektionsapparates bzw. einer Bildwand und/oder in festen Serviceintervallen wird ein Helligkeitsabgleich durchgeführt. Dabei wird die Helligkeitsverteilung auf dem Bildschirm vermessen. Dies ist aufwendig und kostenintensiv, erfordert geschultes Personal und bedingt eine Unterbrechung des laufenden Betriebes. Zwischen den Serviceintervallen kann sich die Bildqualität verschlechtern.

- Die Berücksichtigung der auf Erfahrungswerten beruhenden mittleren Änderung des Lichtstromes während der Betriebsdauer. Die Abweichung einzelner Lampen von einer mittleren zeitabhängigen Lichtstromänderung sind jedoch so groß, daß sie ohne individuelle Korrektur zu sichtbaren Bildartefakten führen.
- Eine Bestimmung des Lichtstromes durch eine Messung der Lampenleistung mittels elektrischer Messung von Lampenstrom und Lampenspannung. Aber nur ein kleiner Teil der verfügbaren Lampentreiber erlaubt eine derartige elektrische Messung, und die elektrische Leistung der Lampen ist nicht vollständig mit dem resultierenden Lichtfluß des Projektors korreliert.
- Eine manuelle Eingabe einer zu berücksichtigenden zeitabhängigen Lichtstromänderung durch die Benutzer. Dies erfordert jedoch eine entsprechende Schulung des Benutzers und die Aufschaltung spezieller Bildinhalte, wodurch der Dauerbetrieb gestört wird.
- Eine Regelung der Lampenleistung zur Stabilisierung der optischen Leistung des Projektors. Eine derartige Regelung der Lampenleistung bedeutet, daß die Lampe mit variierender elektrischen Leistung betrieben würde. Dies zieht bei den üblicherweise verwendeten Hochleistungs-Entladungslampen eine unerwünschte Veränderung des Farbtones und eine Verkürzung der Lebensdauer der Lampe nach sich, was sich insbesondere für den Dauereinsatz in Bildwänden nachteilig auswirkt.
- Eine elektronische Kompensation durch Modifikation des Bildinhaltes. Damit geht aber eine nachteilige Verminderung des Kontrastes einher, und zudem ist keine Kompensation von Helligkeitsunterschieden bei dunklen Bildinhalten möglich.
- Es wird ein variabler Intensitätsabschwächer in Form einer Aperturblende zum Regeln des Lichtstromes ver-

wendet, die im Strahlengang der Beleuchtungsoptik oder der Projektionsoptik angeordnet wird. Es hat sich jedoch gezeigt, daß dadurch die Primärfarben und der Kontrast verändert werden. Darüber hinaus wird die Homogenität der Ausleuchtung verschlechtert.

- Der Erfindung liegt unter Berücksichtigung dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine zufriedenstellende Lösung für die Helligkeitsregelung bei oben genannten
- 5 Projektionsapparaten durchzuführen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Projektionsapparat mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Vorrichtungsanspruch bzw. durch ein Verfahren mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Verfahrensanspruch gelöst.
- 10 Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung mit zugehörigen Zeichnungen.

Ein erfindungsgemäßer Projektionsapparat zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektoronsschirm umfaßt also einen Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Kondensoroptik oder eine Lampe mit fokussierendem Reflektor zum Beleuchten des Bildgebers, eine ein Projektionsobjektiv

20 umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung und einen variablen Intensitätsabschwächer zum Regeln des Lichtstromes, der im Strahlengang zwischen der Lampe der Beleuchtungseinheit und dem Bildgeber angeordnet ist, und er weist erfindungsgemäß die Besonderheit auf, daß der Intensitätsabschwächer in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik bzw.

der Fokalebene des fokussierenden Lampenreflektors der Beleuchtungseinheit angeordnet ist.

- Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Regeln der Helligkeit des projizierten Bildes eines Projektionsapparates zum Projizieren des Bildes auf einen Projektionsschirm umfassend einen Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Kondensoroptik bzw. einem fokussierenden Lampenreflektor zum Beleuchten des Bildgebers, eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung und einen variablen Intensitätsabschwächer zum Regeln des Lichtstromes, der im Strahlengang zwischen der Lampe der Beleuchtungseinheit und dem Bildgeber angeordnet ist, weist die Besonderheit auf, daß der Lichtstrom mittels eines Intensitätsabschwächers geregelt wird, der in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik der Beleuchtungseinheit bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.
- Mittels der Erfindung ist eine zuverlässige, individuelle Toleranzen und Alterungsprozesse berücksichtigende Regelung der Helligkeit des projizierten Bildes in relativ einfacher Weise möglich, ohne daß damit ein nennenswerter Verlust an Kontrast oder eine Änderung der Farbtemperatur einhergeht.
- Besondere praktische Vorteile der Erfindung ergeben sich daraus, daß die Helligkeitsregelung kontinuierlich durchgeführt werden kann, so daß ein Regelkreis mit einer kontinuierlichen Regelung ermöglicht wird. Ferner ist es

vorteilhaft, daß keine zusätzlichen Meßgeräte oder Einsatzes geschulten Personals erforderlich sind, weil der Abgleich automatisch im laufenden Betrieb erfolgen kann.

- 5 Aus diesem Grund ist auch keine Störung oder Unterbrechung des laufenden Betriebes erforderlich, und auch bei der Verwendung von Beleuchtungseinrichtungen mit einem Doppellampenmodul zur Gewährleistung des unterbrechungsfreien Betriebs im Fall des Ausfalls einer Lampe durch Umschalten auf die zweite Lampe ist der Abgleich sofort

10 möglich.

Mit der Erfindung werden somit Ziele erreicht, um die die Fachwelt sich schon lange bemüht hat. Um dabei besonders gute Ergebnisse erzielen zu können, werden bevorzugt die

- 15 nachfolgenden Maßnahmen einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt.

Nach einem zusätzlichen vorteilhaften Merkmal wird für Projektionsapparate gebräuchlicher Größe und Bauart vorgeschlagen, daß der Intensitätsabschwächer weniger als 12 mm, bevorzugt weniger als 6 mm von der Fokalebene des Kondensors der Beleuchtungseinheit bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors entfernt ist.

- 20 25 Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, daß die Lichteintrittsfläche der räumlichen Lichtmischeinrichtung in der oder in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik der Beleuchtungseinheit bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.

30

Der Intensitätsabschwächer kann in verschiedener Weise ausgebildet sein. Eine vorteilhafte Ausführungsform kann darin bestehen, daß der Intensitätsabschwächer einen oder mehrere, über den Querschnitt des Strahlengangs verteilt 35 angeordnete lichtreduzierende Elemente aufweist, die das

- Licht abschwächen, absorbieren oder reflektieren. Die Verteilung der lichtreduzierenden Elemente kann regelmäßig oder zur Vermeidung von Interferenzen oder Bildartefakten auch unregelmäßig sein. Eine mögliche Ausführungsform eines derartigen Intensitätsabschwächers umfaßt eine transparente Scheibe, beispielsweise eine Glasscheibe, die eine strukturierte Beschichtung mit den lichtreduzierenden Elementen aufweist.
- 10 In anderen Ausführungsformen kann der Intensitätsabschärfer auch als den Strahlengang beschneidende Intensitätsblende ausgebildet sein, beispielsweise in Form einer aus dem Stand der Technik bekannten kontinuierlich einstellbaren Aperturblende in Form einer Irisblende. Eine andere 15 vorteilhafte Ausführungsform kann darin bestehen, daß die Intensitätsblende einen Blendenkörper, beispielsweise eine Scheibe, aufweist, in dem mehrere unterschiedlich große Blendenöffnungen nebeneinander ausgebildet sind. In diesem Fall ist die Intensität in den Blendenöffnungen 20 entsprechenden diskreten Stufen einstellbar.
- Eine bevorzugte Ausführungsform einer Intensitätsblende besteht darin, daß sie als ein sich kontinuierlich oder abgestuft verjüngender Schlitz oder Spalt in einem Blendenkörper, beispielsweise einem Schlitten oder einer Scheibe ausgebildet ist.
- Vorteilhafterweise umfaßt der Intensitätsabschwächer einen Blendenantrieb, mit dem der Intensitätsabschwächer 25 bzw. der Grad der Intensitätsabschwächung eingestellt werden kann. Der Blendenantrieb kann beispielsweise zum Drehen oder Verschieben des Intensitätsabschwächers ausgebildet sein, um durch eine Lageveränderung des Intensitätsabschwächers den Lichtstrom zu vergrößern oder zu 30 verringern.

Eine praktisch besonders vorteilhafte Ausführungsform eines Intensitätsabschwächers besteht in einer drehbaren Scheibe, insbesondere einer Kreisscheibe. Wenn die Inten-
5 sabschwächung dabei durch einen sich kontinuierlich oder abgestuft verjüngenden Schlitz oder Spalt in der Scheibe realisiert ist, erstreckt sich dieser vorteilhafter Weise in Drehrichtung der Scheibe. Durch Drehen der Scheibe kann dann die Intensität verändert werden.

10 Die erfindungsgemäße Anordnung eines Intensitätsabschwächers in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik der Beleuchtungseinheit bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors ist besonders vorteilhaft
15 bei Projektionsapparaten einsetzbar, bei denen der Bildgeber pixelweise steuerbar ist und der Projektionsapparat zur Realisierung der zeitsequentiellen additiven Farbmischung ein zeitlich variables Farbfilter - im folgenden dynamisches Farbfilter genannt - zur Erzeugung primärer
20 Farben enthält. Dabei ist der Bildgeber bevorzugt ein Digital-Micromirror-Device (DMD). Eine bevorzugte Ausführungsform eines dynamischen Farbfilters ist ein sich drehendes Farbrad. Nach einem besonders vorteilhaften Merkmal wird dabei vorgesehen, daß der Abstand zwischen dem
25 Intensitätsabschwächer und der Lichteintrittsfläche des dynamischen Farbilters weniger als 12 mm, bevorzugt weniger als 6 mm beträgt.

Viele kommerziell erhältliche Projektionsapparate, bei-
30 spielsweise Video-Projektionseinrichtungen, benutzen separate Kanäle für jede der drei Primärfarben. Ein solches System erfordert für jede Primärfarbe einen Bildgeber und optische Strecken, die pixelgenau auf den Schirm konvergieren müssen. Neuartige Projektionsapparate verwenden nur einen Bildgeber auf Basis der zeitsequentiell-

len additiven Farbmischung, wobei das gesamte Bild in drei einfarbige Teilbilder bezüglich der Grundfarben rot, grün und blau zerlegt wird. Der Bildgeber wird sequentiell mit den Primärfarben beleuchtet. Dabei werden die 5 darzustellenden Bilddaten entsprechend der gerade den Bildgeber erreichenden Farbe an den Bildgeber geleitet. Das Auge fügt die farbigen Teilbilder zu einem einzigen Vollfarbenbild zusammen. Das Auge fügt ebenfalls aufeinanderfolgende Videobilder und Videoteilbilder zu einem 10 Vollbewegungsbild zusammen.

Ein solches System erfordert eine Einrichtung zum sequentiellen Beleuchten des Bildgebers mit primären Farben. Die einfachste Einrichtung eines hierzu geeigneten dynamischen Farbfilters ist ein sich drehendes Farbrad, das dazu dient, die gerade gewünschte Farbe aus dem weißen Spektrum einer Beleuchtungseinheit auszufiltern. 15

Derartige Farbräder zum Ändern der Farbe des von der Projektionslampe ausgekoppelten Lichtes werden im allgemeinen aus dichroitischen Filtern hergestellt. Die Filter weisen aber herstellungsbedingt Abweichungen in ihrer spektralen Filtercharakteristik auf, die sich darin äußern, daß sich die Kantenlagen der Filter unterscheiden. Infolge dessen gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung der Grundfarben sowie der Mischfarben. 20 25

Die derzeit im Zusammenhang mit der zeitsequentiellen Bilderzeugung verwendeten Bildgeber sind sogenannte Digital-Micromirror-Devices, die beispielsweise in dem Patent US 5,079,544 beschrieben sind. Sie umfassen eine Anordnung kleiner bewegbarer Spiegel zum Ablenken eines Lichtstrahls entweder zu der Projektionslinse (ein) oder weg von der Projektionslinse (aus). Durch schnelles Ein- und 30 35 Ausschalten der von den Spiegeln dargestellten Pixel kann

eine Grauskala erzielt werden. Die Verwendung von DMDs zum Digitalisieren von Licht ist auch unter der Bezeichnung DLP (Digital Light Processing) bekannt. Ein DLP-Projektionssystem umfaßt eine Lichtquelle, optische Elemente, Farbfilter, eine digitale Steuerung und Formatierung, ein DMD und eine Projektionslinse.

Als Bildgeber bei der zeitsequentiellen additiven Farbmischung wird bevorzugt ein Digital-Micromirror-Device (DMD) verwendet. Es sind aber auch andere, beispielsweise eingangs genannte Bildgeber im Rahmen der Erfindung verwendbar.

Das dynamische Farbfilter zur zeitsequentiellen Erzeugung von Primärfarben ist vorteilhafterweise ein Farbrad. Andere, derzeit oder künftig verfügbare entsprechende Einrichtungen können jedoch im Rahmen der Erfindung ebenfalls verwendet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin beschriebene Besonderheiten können einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden, um bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung zu schaffen. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung von Komponenten eines Projektionsapparates nach dem Stand der Technik mit geöffneter Blende,

Fig. 2 dem Projektionsapparat von Figur 1 mit weiterer geschlossener Blende,

Fig. 3 den Einfluß des Abblendens in Figur 2 auf die Filtercharakteristik eines Farbrades,

Fig. 4 zwei benachbarte Projektionsapparate einer Bildwand,

- Fig. 5 die Bildhelligkeit der Projektionsapparate von Figur 4 ohne Helligkeitskorrektur,
- 5 Fig. 6 die Helligkeit der Projektionsapparate von Figur 4 mit Helligkeitskorrektur nach dem Stand der Technik,
- Fig. 7 Testpunkte im Strahlengang der Beleuchtungsoptik,
- Fig. 8 Winkelverteilungen an Testpunkten außerhalb der Fokalebene der Kondensoroptik,
- 10 Fig. 9 Winkelverteilungen an Testpunkten in der Fokalebene der Kondensoroptik,
- Fig. 10 integrale Winkelverteilungen und die Wirkung einer Blende außerhalb der Fokalebene der Kondensoroptik,
- 15 Fig. 11 integrale Winkelverteilungen und die Wirkung einer Blende in der Fokalebene der Kondensoroptik,
- Fig. 12 eine Einzelheit eines erfindungsgemäßen Projektionsapparates,
- 20 Fig. 13 eine Aufsicht auf einen erfindungsgemäßen Intensitätsabschwächer in Form einer geschlitzten Kreisscheibe von Fig. 12 und
- Fig. 14 eine Einzelheit eines erfindungsgemäßen Projektionsapparates mit einer Regeleinrichtung.
- 25 Fig. 1 zeigt die optischen Komponenten eines Projektionsapparates 1 nach dem Stand der Technik. Er umfaßt eine Beleuchtungseinheit 2 mit einer Lampe 3 als Lichtquelle, vorzugsweise einer Entladungslampe, und einer Kondensoroptik 4. Im Strahlengang folgt ein dynamisches Farbfilter 5 in Form eines Farbrades 6 und eine räumliche Lichtmischeinrichtung 7 in Form eines sich in Ausbreitungs-

richtung des Lichtes erstreckenden Lichtmischstabes 8. Das am Lichtmischstab 8 austretende Licht wird mittels einer Abbildungsoptik 9, die auch als Relay-Optik bezeichnet wird, auf einen Bildgeber 11 abgebildet.

5

Das von dem Bildgeber 11 erzeugte Bild wird mittels eines Projektionsobjektives 12 einer Projektionseinrichtung vergrößert auf einen nicht dargestellten Projektions- schirm abgebildet, projiziert also das vom Bildgeber 11 10 in Transmission oder Reflektion erzeugte Bild auf einen nicht dargestellten Projektionsschirm. In einem bevorzugten Anwendungsfall der Erfindung ist der Projektionsappa- rat 1 ein Rückprojektionsapparat, und das von dem Projek- tionsobjektiv 12 projizierte Bild ist ein Teilbild einer 15 mehrere Projektionsapparate oder Rückprojektionsapparate enthaltenden Bildwand.

Das projizierte Bild wird mittels des Verfahrens der zeitsequentiellen Mischung aus aufeinanderfolgenden mono- 20 chromen Teilbildern in den Primärfarben rot, grün und blau aufgebaut. Die Sequenz kann auch ein vierter Teil- bild in schwarz/weiß enthalten, daß zur Erhöhung der Bildhelligkeit zugemischt wird. Die Sequenz der Teilbil- der folgt in einer ausreichend hohen Geschwindigkeit, so 25 daß das Auge dem Farbwechsel nicht folgen kann und eine physiologische Farbmischung stattfindet.

Das Farbrad 6 dient dazu, aus dem weißen Licht der Lampe 3 die Primärfarben rot, grün und blau zur Ausleuchtung 30 des Bildgebers 11 zu erzeugen. Der Bildgeber 11 ist vor- zugsweise ein DMD. Bei entsprechender Synchronisierung kann der Bildgeber 11 die monochromen Teilbilder erzeu- gen, die von dem Auge des Betrachters des projizierten Bildes zusammengesetzt werden.

Das Licht der Lampe 3 wird mittels der Kondensoroptik 4 auf den Eintritt des Lichtmischstabes 8 fokussiert. Das sich drehende Farbrad 6 weist unterschiedlich farbige Segmente in den Primärfarben auf, die je nach Drehstellung des Farbrades 6 die Spektralanteile der Lampe 3 entsprechend dem gerade im Strahlengang befindlichen Farbfilter transmittieren. Der Lichtmischstab 8 sorgt für eine Homogenisierung der Ausleuchtung, und die Abbildungsoptik 9 bildet die Lichtverteilung am Ausgang des Lichtmischstabes 8 auf den Bildgeber 11 ab. Das Farbrad 6 ist in der Nähe des Ein- oder des Ausgangs des Lichtmischstabes 8 angeordnet.

Die Grundhelligkeit des projizierten Bildes, d.h. die Helligkeit eines Bildes bei vollweißem Bildinhalt, hängt von der Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 ab. Aufgrund der eingangs genannten Probleme ist es daher gewünscht, die Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 zu regeln.

Nach dem Stand der Technik wird der Lichtfluß durch Abblenden gesteuert. Dabei kommen verschiedene, zueinander äquivalente Aperturblenden in Betracht, nämlich eine Blende 13 in dem Projektionsobjektiv 12, eine Blende 14 in der Abbildungsoptik 9 oder eine Blende 15 vor der Kondensoroptik 4. In Fig. 2 ist dargestellt, wie sich der Lichtfluß beim Schließen der Blende 13 oder einer hierzu äquivalenten Blende 14 oder 15 verringert.

Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, daß ein derartiges Abblenden nach dem Stand der Technik aus folgenden Gründen nachteilig ist:

- Die durch das Farbrad 6 erzeugten Primärfarben würden sich ändern. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Filtercharakteristik der verwendeten Filter, bei denen

es sich zumeist um dielektrische Schichten handelt, eine deutliche Abhängigkeit vom Einfallswinkel hat. Für eine bestimmte Verteilung des einfallenden Lichtes als Funktion des Einfallwinkels ergibt sich aus diesem Grund eine effektive resultierende Filterkurve.

Wenn die Winkelverteilung des Lichtes geändert wird, wie dies beim Abblenden durch eine Bündelbegrenzung geschieht, resultiert eine geänderte effektive Filterkurve, so daß sich die Farbe des projizierten Bildes ändert. In Fig. 3 ist veranschaulicht, wie sich die effektive integrale Transmission T als Funktion der Wellenlänge λ des Farbrates 6 bei einer Veränderung der Winkelverteilung des einfallenden Lichtes durch Abblenden entsprechend den Figuren 1 und 2 verändert.

- Der von dem Lichtmischstab 8 erzielte Homogenisierungsgrad der Ausleuchtung des projizierten Bildes hängt näherungsweise von der Anzahl der Reflexionen in seinem Inneren ab. Wenn beim Abblenden gemäß Fig. 2 die Winkelverteilung eingeschränkt wird, resultiert daraus eine geringere mittlere Anzahl von Reflexionen in dem Lichtmischstab 8. Dadurch verschlechtert sich die Homogenität der Bildhelligkeit.

- Der Hell-Dunkel-Kontrast bzw. der An-Aus-Kontrast hängt bei den meisten Bildgebern 11, insbesondere bei DMDs von der Winkelverteilung des einfallenden Lichtes ab. Durch den Einsatz von Aperturblenden nach dem Stand der Technik kommt es also zu einer unerwünschten Kontrastveränderung.

Die vorstehend geschilderten Probleme sind insbesondere bei Bildwänden, bei denen mehrere Projektionsapparate im parallelen Einsatz sind und die Matrixanordnung der Einzelbilder ein Gesamtbild ergibt, problematisch, weil das sehr empfindliche Auge eines Betrachters Helligkeits-, Farb- und Kontrastunterschiede an der Übergangsstelle von

einem Bild zum benachbarten Bild deutlich wahrnimmt, auch wenn entsprechende Variationen bei der Betrachtung nur eines Bildes nicht auffallen.

- 5 In Fig. 4 sind zwei benachbarte Projektionsapparate 1a und 1b einer Bildwand 16 mit Projektionsschirmen 17a und 17b dargestellt. Sie werden beide von der gleichen Datenquelle 18 angesteuert. Zur Vereinfachung der nachfolgenden Betrachtung soll diese Datenquelle lediglich die
10 Zustände "weiß", d.h. in einer 24-Bit-Darstellung (R, G, B) = (255, 255, 255) und "schwarz", d.h. (R, G, B) = (0, 0, 0) für die gesamte Bildfläche erzeugen.

Die unterschiedlichen optischen Wirkungsgrade der beiden
15 Projektionsapparate 1a und 1b, die z.B. auf Toleranzen der verwendeten Lampen oder optischen Komponenten beruhen, führen im unkorrigierten Zustand zu einer unterschiedlichen Bildhelligkeit H auf den beiden Projektionsschirmen 17a und 17b. Der Kontrast der beiden Projektionsapparate 1a und 1b, d.h. $H(\text{weiß})/H(\text{schwarz})$ ist allerdings, da er hauptsächlich von dem verwendeten Bildgeber 11 bestimmt ist, eine nahezu konstante Größe für die beiden Projektionsapparate 1a und 1b. Dies hat zur Folge, daß auch der Zustand "schwarz" für beide Projektionsapparate 1a und 1b unterschiedlich hell ist. Die
25 Fig. 5 veranschaulicht die vorstehenden Erläuterungen ohne Korrektur der Bildhelligkeit H.

Nach dem Stand der Technik ist es bekannt, außer einer
30 Grundeinstellung der Bildhelligkeit H mittels einer oben beschriebenen Aperturblende 13, 14 oder 15 die Bildhelligkeiten H auch durch eine Modifikation des Datensignales von der Datenquelle 18 anzugeleichen. In Fig. 4 ist veranschaulicht, wie in einem einfachen Modell der Bilddatenstrom von der Datenquelle 18 zu den Projektionsappa-

raten 1a und 1b jeweils durch eine Multiplikatorstufe X1a und X1b individuell angepaßt wird. In dem in Fig. 5 veranschaulichten Beispiel, bei dem der zweite Projektionsapparat 1b eine größere Helligkeit als der erste Projektionsapparat 1a hat, würde der dunklere erste Projektionsapparat 1a einen unveränderten Datenstrom erhalten, d.h. X1a wird auf 100% gesetzt. Der zweite Projektionsapparat 1b erhält dagegen einen abgeschwächten Datenstrom, d.h. X1b wird kleiner 100% gesetzt. Durch eine geeignete Wahl von X1b läßt sich auf diese Weise erreichen, daß die Bildhelligkeit H des ersten Projektionsapparates 1a für weiß gleich der Bildhelligkeit H des zweiten Projektionsapparates 1b für weiß ist, d.h. $H(1a, \text{weiß})=H(1b, \text{weiß})$. Dies ist in Fig. 6 veranschaulicht.

In Fig. 6 ist aber auch zu erkennen, daß die Helligkeit des Zustandes "schwarz" von dieser Art der Bilddatenkorrektur unbeeinflußt bleibt, da der Datenstrom für schwarz (0, 0, 0) nicht durch einen Multiplikator weiter abgeschwächt werden kann. Dies hat zur Folge, daß auch derart abgeglichene projizierte Bilder bzw. Projektionsapparate 1a und 1b sich um so mehr unterscheidende Bilder erzeugen, je dunkler der Bildinhalt ist. Die einzige Möglichkeit, hierbei eine Verbesserung zu erzielen, besteht darin, dem Bilddatenstrom an Projektor 1a eine additive Konstante (k, k, k) hinzuzufügen. In dem vorstehend beschriebenen Beispiel müßte also die Bildhelligkeit H des ersten Projektionsapparates 1a für den Zustand "schwarz", d.h. $H(1a, \text{schwarz})$ erhöht werden und gleichzeitig die Multiplikationskonstante X1a neu justiert werden. Dies ist jedoch nicht nur mit einem erheblichen Mehraufwand zur Erzielung einer Helligkeitskorrektur verbunden, sondern verringert auch den effektiven Kontrast der Bildwand 16 und nutzt die spezifischen Kontrasteigenschaften eines Bildgebers 11 nicht voll aus.

Die oben erläuterten Nachteile der Einstellung und Korrektur der Helligkeit von Projektionsapparaten nach dem Stand der Technik werden durch die erfindungsgemäße

- 5 Anordnung eines Intensitätsabschwächers in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik der Beleuchtungseinheit behoben. In den Figuren 7 bis 11 ist die Wirkungsweise der Erfindung näher erläutert.
- 10 In Figur 7 ist eine Beleuchtungseinheit 2 mit Lampe 3 und Kondensoroptik 4 dargestellt. Ferner ist die Einhüllende 19 in der Fokalebene 20 der Kondensoroptik 4 und der Lichtmischstab 8 dargestellt. Es sind sechs Testpunkte TP1, TP2, TP3, TP4, TP5 und TP6 eingezeichnet, von denen 15 die Testpunkte TP1, TP2 und TP3 in einer Ebene liegen, die von der Fokalebene 20 entfernt ist, und die Testpunkte TP4, TP5 und TP6 in der Fokalebene liegen. In den Figuren 8 und 9 ist die Verteilung P des Lichtes als Funktion des Winkels θ an den sechs Testpunkten darstellt, wobei θ den Betrag des Winkels zwischen der optischen Achse 21 und der Richtung der einzelnen Lichtstrahlen bezeichnet.

- 25 In Figur 8 sind die Winkelverteilungen für die Testpunkte TP1, TP2 und TP3 außerhalb der Fokalebene 20 dargestellt. Man erkennt, daß sich die Winkelverteilung P in Abhängigkeit von dem Ort des betrachteten Testpunktes, d.h. in Abhängigkeit von dem Abstand von der optischen Achse 21 ändert. Wenn im Bereich der Testpunkte TP1, TP2 und TP3 30 eine Blende verwendet wird, kommt es bei einer Veränderung der Blendenöffnung zu einer Änderung der integralen, resultierenden Winkelverteilung, da die von der optischen Achse entfernten Bereiche mehr oder weniger stark beitragen. Diese Änderung der integralen Winkelverteilung ist 35 in Figur 10 dargestellt. Für Blenden 13, 14 oder 15

(siehe Figur 1) ergibt sich ein vergleichbarer Effekt. Die Veränderung der Winkelverteilung führt, wie oben erläutert, zu einer Veränderung der Farbe.

- 5 Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, daß sich diese Nachteile vermeiden lassen, wenn stattdessen die Blende im Bereich der Fokalebene 20 der Kondensoroptik 4 angeordnet wird. In Figur 9 ist eine Winkelverteilung an den Testpunkten TP4, TP5 und TP6 dargestellt. Man erkennt,
- 10 daß die Verteilungen, ausgenommen hinsichtlich einer absoluten Skalierung, identisch oder nahezu identisch sind. Deshalb ändert sich, wie in Figur 11 dargestellt ist, die integrale Winkelverteilung nicht oder nur unwesentlich, wenn in der Fokalebene 20 eine Blende verwendet
- 15 wird. Diese erfindungsgemäße Erkenntnis schafft die Voraussetzung dafür, daß sich beim Abblenden der Kontrast, die Farbe und die Ausleuchtungshomogenität nicht oder nicht wesentlich ändert.
- 20 Anhand der zu Figur 7 angestellten Betrachtungen ist zu erkennen, daß die erfindungsgemäßen Vorteile nicht nur durch eine Intensitätsänderung mittels einer den Strahlengang beschneidenden Intensitätsblende mit einer Blendenöffnung erzielt werden können, sondern auch durch
- 25 einen Intensitätsabschwächer, der einen oder mehrere, über den Querschnitt des Strahlengangs verteilt angeordnete lichtreduzierende Elemente aufweist, die das Licht abschwächen, absorbieren oder reflektieren. Mit einem derartigen Intensitätsabschwächer, der beispielsweise als
- 30 strukturiert beschichtete transparente Scheibe, insbesondere als Glasscheibe ausgebildet sein kann, werden beim Reduzieren der Intensität nicht nur, wie dies bei einer Blende erfolgt, die entfernt von der optischen Achse 21 liegenden Strahlen abgeschwächt, sondern auch weiter
- 35 innerhalb der Einhüllenden 19 liegende Lichtstrahlen.

Die Figuren 12 und 13 veranschaulichen eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Intensitätsabschwächers in Form einer Intensitätsblende, die als Blendenscheibe 22 mit einem sich kontinuierlich verjüngenden Schlitz als Blendenöffnung 23 ausgebildet ist, wobei der Schlitz sich in Drehrichtung der Scheibe erstreckt, so daß durch Drehen der Blendenscheibe 22 die im Strahlengang wirksame effektive Blendenöffnung 23 verändert wird.

10

In Figur 12 ist neben der Blendenscheibe 22 mit dem Blendenantrieb 24 auch das Farbrad 6 mit dem Farbradantrieb 25 dargestellt. Wie oben erläutert, könnte das Farbrad 6 auch auf der Lichtaustrittseite des Lichtmischstabes 8 angeordnet sein.

15

Da zum Erreichen einer möglichst hohen Einkopplungseffizienz des von der Beleuchtungseinheit 2 erzeugten Lichtes in den Lichtmischstab 8 die Fokalebene 20 in der Lichteintrittsfläche 26 des Lichtmischstabes 8 liegen sollte, kommt es zu einem mechanischen Konflikt: Die Lichteintrittsfläche 26 des Lichtmischstabes 8, das Farbrad 6 und der Intensitätsabschwächer, d.h. in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Blendenscheibe 22 sollten möglichst am gleichen Ort positioniert werden. In der Praxis ist daher eine Kompromißlösung zu finden. Die erfindungsgemäßen Vorteile werden bei gängigen Größen von Projektionsapparaten 1, Beleuchtungseinheiten 2, Lampen 3 und Lichtmischstäben 8 erzielt, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- Der Abstand A zwischen dem Intensitätsabschwächer (Blendenscheibe 22) und der Fokalebene 20 der Kondensoroptik 4 der Beleuchtungseinheit 2 beträgt weniger als 12 mm, bevorzugt weniger als 6 mm.

- Die Lichteintrittsfläche 26 der räumlichen Lichtmischeinrichtung (Lichtmischstab 8) ist in der Fokalebene 20 oder in unmittelbarer Nähe der Fokalebene 20 der Kondensoroptik 4 der Beleuchtungseinheit 2 angeordnet, d.h. der Abstand B beträgt weniger als 10 mm.
- Der Abstand C zwischen dem Intensitätsabschwächer (Blendenscheibe 22) und der Lichteintrittsfläche des dynamischen Farbfilters (Farbrad 6) beträgt weniger als 12 mm, bevorzugt weniger als 6 mm.
- Die Lichteintrittsfläche 26 der räumlichen Lichtmischeinrichtung (Lichtmischstab 8) sollte möglichst genau in der Fokalebene 20 der Kondensoroptik 4 der Beleuchtungseinheit 2 bzw. der Fokalebene des fokussierenden Lampenreflektors angeordnet sein, möglichst in einem Abstand von weniger als 6 mm.

Das Problem der räumlich dichten Anordnung von Lichteintrittsfläche 26 des Lichtmischstabes 8, des Farbrades 6 und einer variablen Blende wird durch eine Blendenscheibe 22 gemäß Figur 13 mit einer Blendenöffnung 23 in Form eines Blendenschlitzes mit variabler Breite gelöst. Die kreisförmige Blendenscheibe 22 wird möglichst nahe zum Farbrad 6 und auf derselben Achse positioniert. Durch die Kreisform mit einem Durchmesser, der dem Durchmesser des Farbrades 6 entspricht, werden akustische Störgeräusche, die infolge der hohen Drehzahl des Farbrades 6 (ca. 10.000 U/min) entstehen könnten, unterdrückt. Die effektive Blendenöffnung lässt sich durch eine Drehbewegung der kreisförmigen Blendenscheibe 22 einstellen und somit der Lichtfluß am Ausgang des Lichtmischstabes 8 regeln.

Die Figur 14 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Projektionsapparates 1 mit einer Regeleinrichtung zum Einstellen der Blendenöffnung in der Blendenscheibe 22. Er umfaßt einen projektorinternen Beleuchtungssensor 27 zum

Messen der Helligkeit des von der Beleuchtungseinheit 2 zur Beleuchtung des Bildgebers 11 erzeugen Lichtstromes und eine Regeleinrichtung, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung der variabel einstellbaren Blendenscheibe 22 in Abhängigkeit von dem Signal des Beleuchtungssensors 27 geregelt wird. Der Sensor 27 weist die aus dem Lichtmischstab 8 austretende Lichtmenge nach. Das Signal des Sensors 27 ist somit proportional zu der Lichtmenge, die auf dem Bildschirm meßbar wäre, wenn ein ausschließlich weißes Bild projiziert würde. Das Signal des Sensors 27 ist somit ein Maß für die Grundhelligkeit des Projektionsapparates 1.

Dieses Signal wird in der Regeleinrichtung, die eine Datenauswertung 28 und eine Motoransteuerung 29 umfaßt, mit eventuell vorgegebenen Sollwerten in ein Stellsignal für den Blendenantrieb 24 umgerechnet, der mittels des Stellmotors 30 die Blendenscheibe 22 in die gewünschte Stellung dreht. Durch die Drehbewegung ändert sich die effektive Blendenbreite, so daß die Lichtmenge geregelt wird.

Der Sollwert für die Helligkeit des Projektionsapparates kann im Falle einer Bildwand auch durch Vergleich mit den Nachbarmodulen ermittelt werden. So kann beispielsweise bei voll geöffneter Blende die maximal erreichbare Helligkeit aller Module ermittelt werden. Als Sollwert wird dann das niedrigste Sensorsignal aller vermessenen Module verwendet.

Der Sensor muß nicht unbedingt ein interner Sensor sein. Es ist ebenso möglich, die Grundbildhelligkeit auf die Umgebungshelligkeit, die durch einen äußeren Sensor gemessen wird, anzupassen. Ebenso könnte die Blendeneinstellung entsprechend dem momentanen Bilddatenstrom

gewählt werden. Auf diese Weise würde sich eine Steigerung des Kontrastes zwischen hellen und dunklen Bildinhalten realisieren lassen.

5 Dementsprechend können weitere vorteilhafte Ausbildungen wie folgt sein:

- Der Projektionsapparat 1 umfaßt einen Umgebungssensor zum Messen der Helligkeit des Umgebungslichtes und eine Regeleinrichtung, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung des variabel einstellbaren Intensitätsabschwächers in Abhängigkeit von dem Signal des Umgebungssensors geregelt wird.
- Der Projektionsapparat umfaßt einen Bildsensor zum Ermitteln des Helligkeitswertes des Bildinhaltes des projizierten Bildes oder eine entsprechende Analyseinrichtung des Datenstromes sowie eine Regeleinrichtung, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung des variabel einstellbaren Intensitätsabschwächers in Abhängigkeit von dem Bildinhalt geregelt wird.
- Der Projektionsapparat umfaßt eine Regeleinrichtung, mittels der die Helligkeit in Abhängigkeit von der Helligkeit es benachbarten Projektionsapparates geregelt wird.

25

Die Erfindung weist u.a. folgende Vorteile auf:

- Die Bildhelligkeit kann in einem großen Bereich von mehr als 50 % geregelt werden.
- Der Gesamtkontrast ändert sich dabei nicht. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für den Abgleich mehrerer Projektionsapparate einer Bildwand.
- Die Homogenität der Ausleuchtung ändert sich dabei nicht. Eventuelle elektronische Korrekturen können

unverändert für alle Blendenstellungen übernommen werden.

- Die Farbe ändert sich dabei nicht, da die Primärfarben bei einer zeitsequentiellen Farbmischung nicht verfälscht werden.
5
- Die Betriebsbedingungen der Lampe müssen nicht angepaßt werden.
- In Bildwänden kann die Helligkeit benachbarter Module aufeinander angeglichen werden.
- 10 - Die Helligkeit eines Projektionsapparates kann auf die Umgebungshelligkeit angepaßt werden, was insbesondere in Kontrollräumen aus ergonomischen Gründen vorteilhaft ist.
- 15 - Der vom Bildinhalt abhängige Kontrast kann durch Regelung auf den momentanen Bildinhalt gesteigert werden. Dunkle Szenen lassen sich so weiter abdunkeln, helle Szenen verbleiben bei voller Helligkeit.
- 20 - Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mittels einer Regeleinrichtung das projizierte Bild im laufenden Betrieb des Projektionsapparates regelbar ist, d.h. unabhängig vom Bildinhalt, ohne Unterbrechung oder Störung des laufenden Betriebes, ohne daß eine Testbild projiziert werden muß und wobei eine Messung des Lichtes nur auf der Beleuchtungsseite
25 des Bildgebers erforderlich ist.

SEC 109/00/DE

Bezugszeichenliste

5

- 1 Projektionsapparat
- 1a erster Projektionsapparat
- 1b zweiter Projektionsapparat
- 2 Beleuchtungseinheit
- 10 3 Lampe
- 4 Kondensoroptik
- 5 Dynamisches Farbfilter
- 6 Farbrad
- 7 räumliche Lichtmischeinrichtung
- 15 8 Lichtmischstab
- 9 Abbildungsoptik
- 10
- 11 Bildgeber
- 12 Projektionsobjektiv
- 20 13 Blende in 12
- 14 Blende in 9
- 15 Blende in 4
- 16 Bildwand
- 17a Projektionsschirm zu 1a
- 25 17b Projektionsschirm zu 1b
- 18 Datenquelle
- 19 Einhüllende
- 20 Fokalebene
- 21 optische Achse
- 30 22 Blendenscheibe
- 23 Blendenöffnung
- 24 Blendenantrieb
- 25 Farbradantrieb
- 26 Lichteintrittsfläche zu 8
- 35 27 Beleuchtungssensor

28 Datenauswertung
29 Motoransteuerung
30 Stellmotor
A Abstand 20/22
5 B Abstand 20/26
C Abstand 22/6
H Bildhelligkeit
P Verteilung
T Transmission
10 TP1 erster Testpunkt
TP2 zweiter Testpunkt
TP3 dritter Testpunkt
TP4 vierter Testpunkt
TP5 fünfter Testpunkt
15 TP6 sechster Testpunkt
X1a Multiplikatorstufe zu 1a
X1b Multiplikatorstufe zu 1b
 λ Wellenlänge
 θ Winkel

SEC 109/00/DE

Ansprüche

5

1. Projektionsapparat (1) zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm, umfassend
einen Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab,
eine Beleuchtungseinheit (2) mit einer Kondensoroptik (4) bzw. einem fokussierenden Lampenreflektor zum Beleuchten des Bildgebers (11),
eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm,
eine räumliche Lichtmischeinrichtung (7) zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung und
einen variablen Intensitätsabschwächer zum Regeln des Lichtstromes, der im Strahlengang zwischen der Lampe (3) der Beleuchtungseinheit (2) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Intensitätsabschwächer in unmittelbarer Nähe der Fokalebene (20) der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.
- 30 2. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Intensitätsabschwächer weniger als 12 mm, bevorzugt weniger

als 6 mm von der Fokalebene (20) der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors entfernt ist.

5. 3. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichteintrittsfläche (26) der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) in der oder in unmittelbarer Nähe der Fokalebene (20) der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.
10
4. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche Lichtmischeinrichtung (7) eine sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckende Vorrichtung, insbesondere ein Lichtmischstab (8) ist.
15
5. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Intensitätsabschwächer als den Strahlengang beschneidende Intensitätsblende ausgebildet ist.
20
6. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätsblende als kontinuierlich einstellbare Apertur-, Pupillen- oder Iris-blende ausgebildet ist.
25
7. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätsblende einen Blendenkörper aufweist, in dem mehrere unterschiedlich große Blendenöffnungen nebeneinander ausgebildet sind.
30

8. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung (23) der Intensitätsblende als ein sich kontinuierlich oder abgestuft verjüngender Schlitz oder Spalt in einem Blendenkörper ausgebildet ist.
5
9. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Intensitätsabschwächer einen oder mehrere, über den Querschnitt des Strahlengangs verteilt angeordnete lichtreduzierende Elemente aufweist, die das Licht abschwächen, absorbieren oder reflektieren.
10
10. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Intensitätsabschwächer als strukturiert beschichtete transparente Scheibe, insbesondere als Glasscheibe ausgebildet ist.
15
- 20 11. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Blendenantrieb (24) zum Einstellen des Intensitätsabschwächers aufweist.
- 25 12. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenantrieb (24) zum Drehen oder Verschieben des Intensitätsabschwächers ausgebildet ist.
- 30 13. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Intensitätsabschwächer als drehbare Scheibe (22), insbesondere als Kreisscheibe ausgebildet ist.

14. Projektionsapparat (1) nach den Ansprüchen 8 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung (23) sich in Drehrichtung der Scheibe (22) erstreckend ausgebildet ist.

5

15. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Beleuchtungssensor (27) zum Messen der Helligkeit des von der Beleuchtungseinheit (2) zur Beleuchtung des Bildgebers (11) erzeugten Lichtstromes und eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung des variabel einstellbaren Intensitätsabschwächers in Abhängigkeit von dem Signal des Beleuchtungssensors (27) geregelt wird.

10

16. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Umgebungssensor zum Messen der Helligkeit des Umgebungslichtes und eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung des variabel einstellbaren Intensitätsabschwächers in Abhängigkeit von dem Signal des Umgebungssensors geregelt wird.

20

25
17. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Bildsensor zum Ermitteln des Helligkeitswertes des Bildinhaltes des projizierten Bildes oder eine entsprechende Analyseeinrichtung des Datenstromes sowie eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Steuerung des variabel einstellbaren Intensitätsabschwächers in Abhängigkeit von dem Bildinhalt geregelt wird.

30

35

18. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Regel-
einrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit in Ab-
hängigkeit von der Helligkeit eines benachbarten Pro-
jektionsapparates geregelt wird.
5
19. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 15
bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der
Regeleinrichtung das projizierte Bild im laufenden
10 Betrieb des Projektionsapparates regelbar ist.
20. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber
(11) pixelweise steuerbar ist und der Projektionsap-
parat ein dynamisches Farbfilter (5) zur zeitsequen-
15 tiellen Mischung primärer Farben umfaßt.
21. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden
Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber
20 (11) ein Digital-Micromirror-Device (DMD) ist.
22. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 20, dadurch
gekennzeichnet, daß das dynamische Farbfilter (5) ein
sich drehendes Farbrad (6) ist.
25
23. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 20, dadurch
gekennzeichnet, daß der Abstand (C) zwischen dem
Intensitätsabschwächer und der Lichteintrittsfläche
des dynamischen Farbfilters (5) weniger als 12 mm,
30 bevorzugt weniger als 6 mm beträgt.
24. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleucht-
ungseinheit (2) eine Entladungslampe umfaßt.

25. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er ein Rückprojektionsapparat ist.

5 26. Bildwand (16), enthaltend mehrere Projektionsapparate (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

27. Verfahren zum Regeln der Helligkeit des projizierten Bildes eines Projektionsapparates (1) zum Projizieren
10 des Bildes auf einen Projektionsschirm, umfassend einen Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab,

15 eine Beleuchtungseinheit (2) mit einer Kondensoroptik (4) bzw. einem fokussierenden Lampenreflektor zum Beleuchten des Bildgebers (11),

20 eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm,

25 eine räumliche Lichtmischeinrichtung (7) zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung und

30 einen variablen Intensitätsabschwächer zum Regeln des Lichtstromes, der im Strahlengang zwischen der Lampe (3) der Beleuchtungseinheit (2) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, daß

der Lichtstrom mittels eines Intensitätsabschwächers geregelt wird, der in unmittelbarer Nähe der Fokalebene (20) der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet,
daß es ein Merkmal eines Projektionsapparates (1)
nach einem der Ansprüche 2 bis 25 umfaßt.

SEC 109/00/DE

5

Zusammenfassung

Zum Farb-, Kontrast- und Lichthomogenitäts neutralen Regeln der Helligkeit eines Projektionsapparates (1), insbesondere eines Rückprojektionsapparates einer Bildwand, wobei die Bilderzeugung vorzugsweise auf der zeitsequentiellen Mischung primärer Farben mit einem Farbrad (6) beruht, wird vorgeschlagen, einen Intensitätsabschwächer, beispielsweise in Form einer einstellbaren Blendscheibe (22) mit einer schlitzförmigen Blende variabler Breite, in unmittelbarer Nähe der Fokalebene (20) der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors anzuordnen.

20

(Fig. 14)

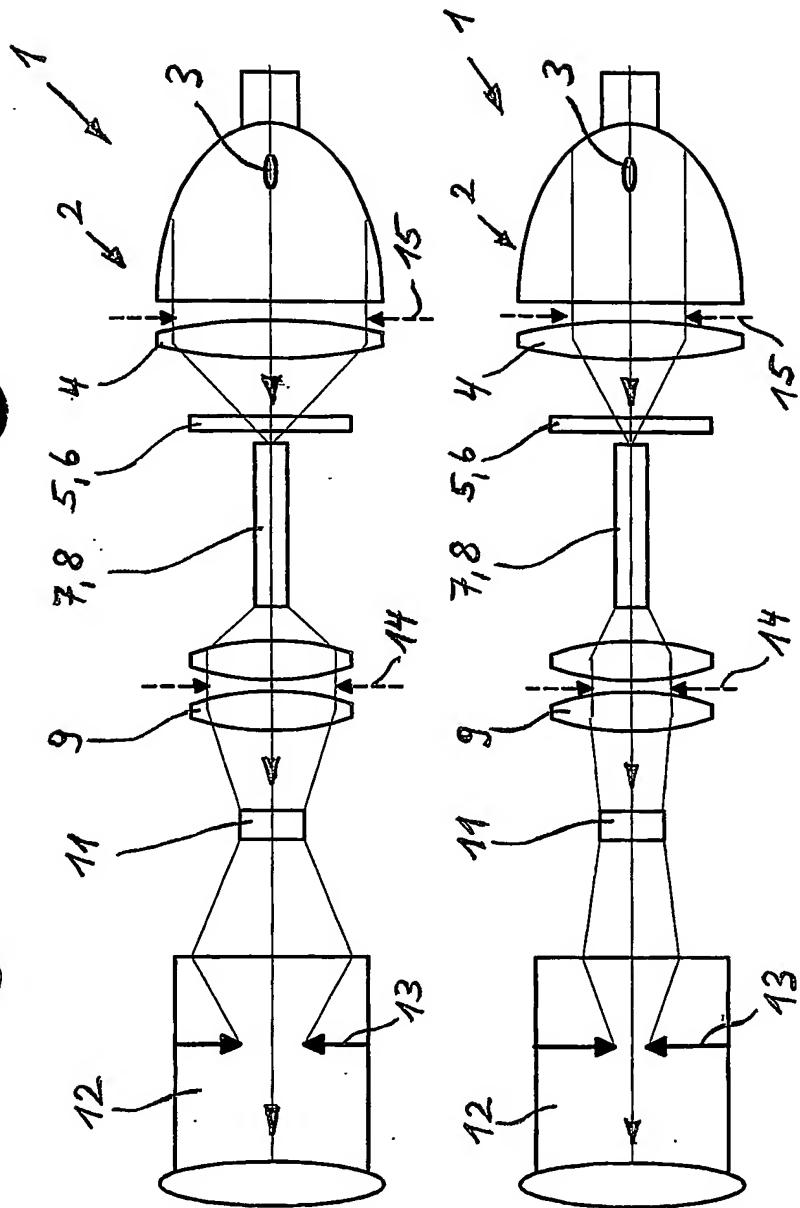
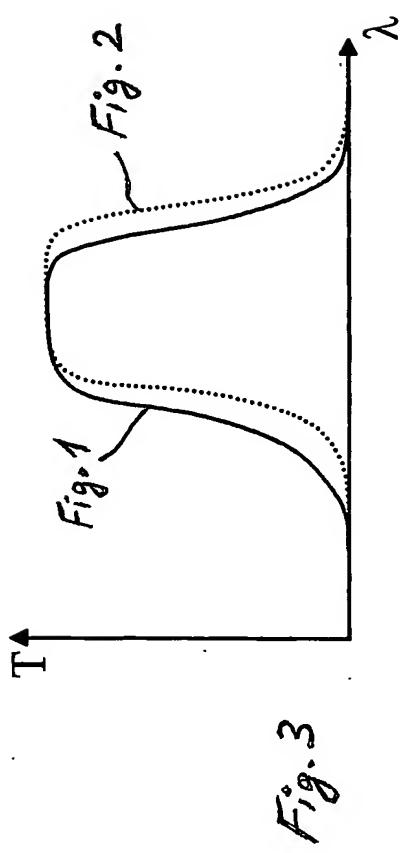


Fig. 1

Fig. 2



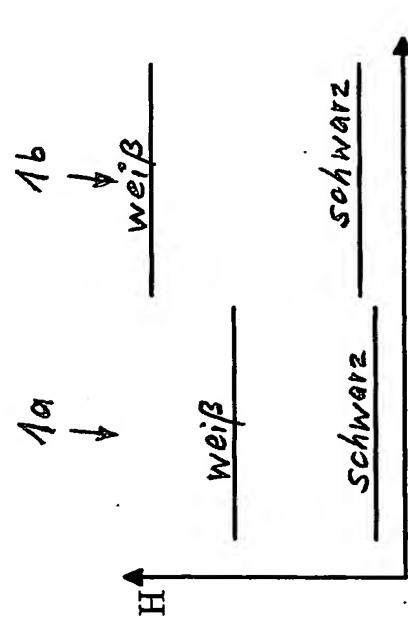


Fig. 5

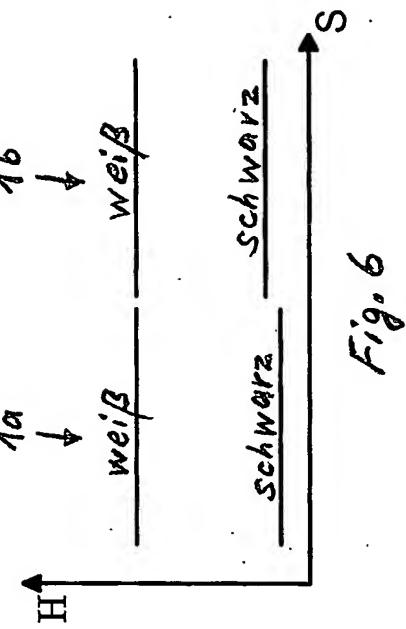


Fig. 6

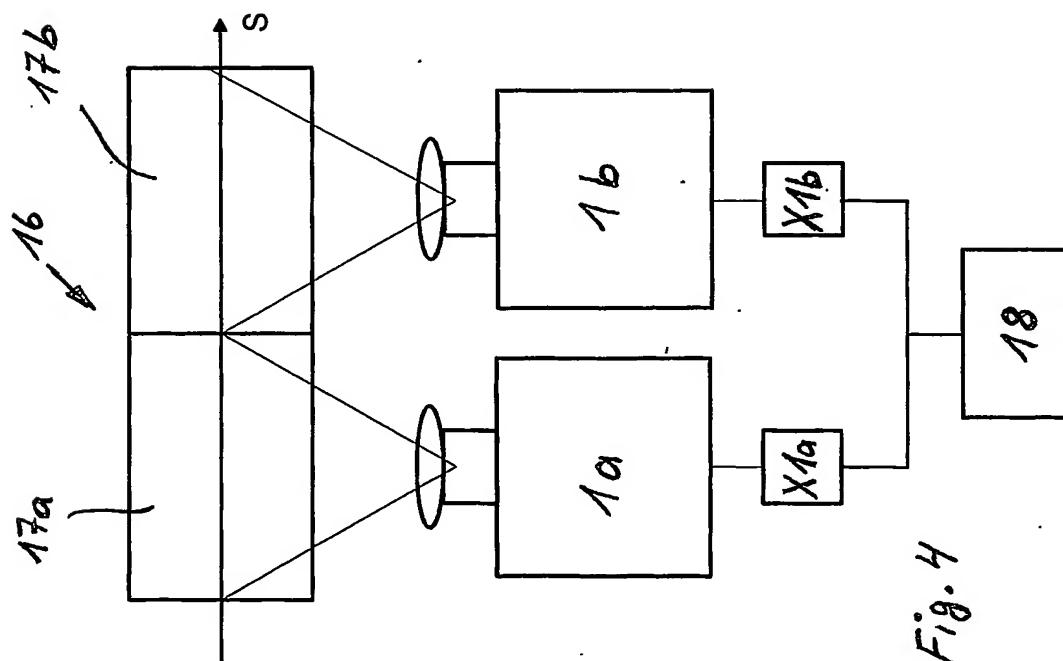


Fig. 4

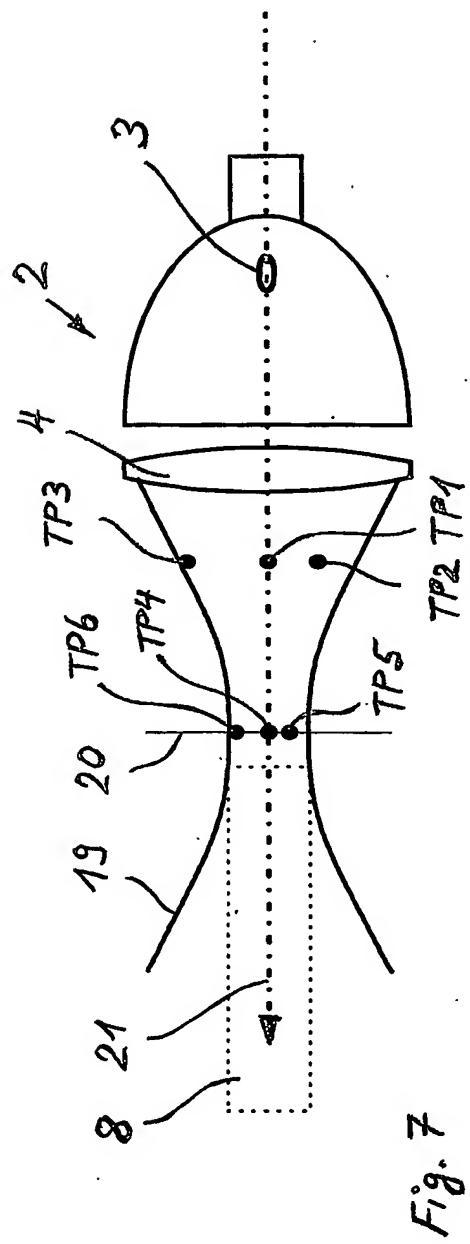
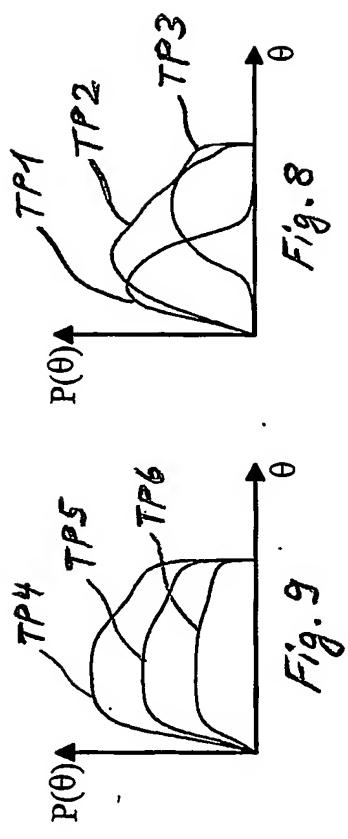
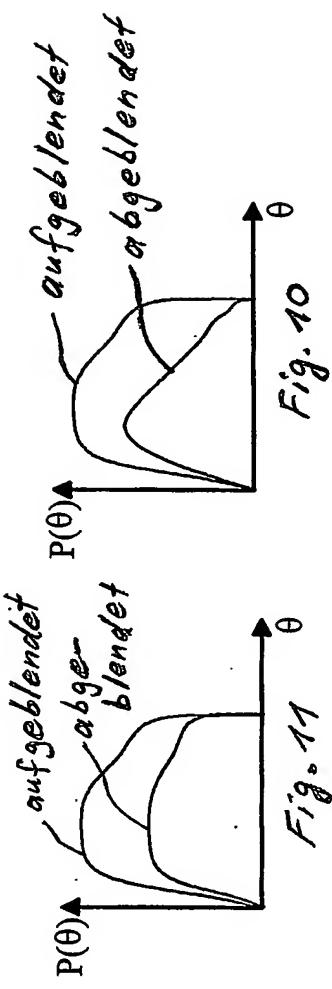


Fig. 7

Fig. 8
Fig. 9Fig. 10
Fig. 11

SEC 109/0010E

415

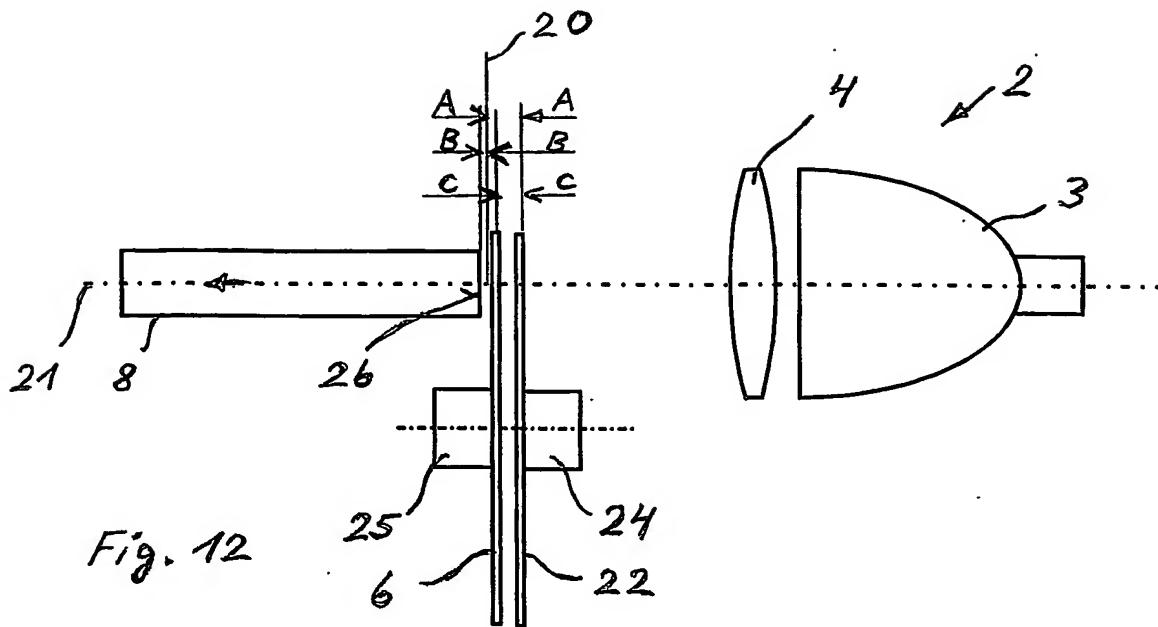


Fig. 12

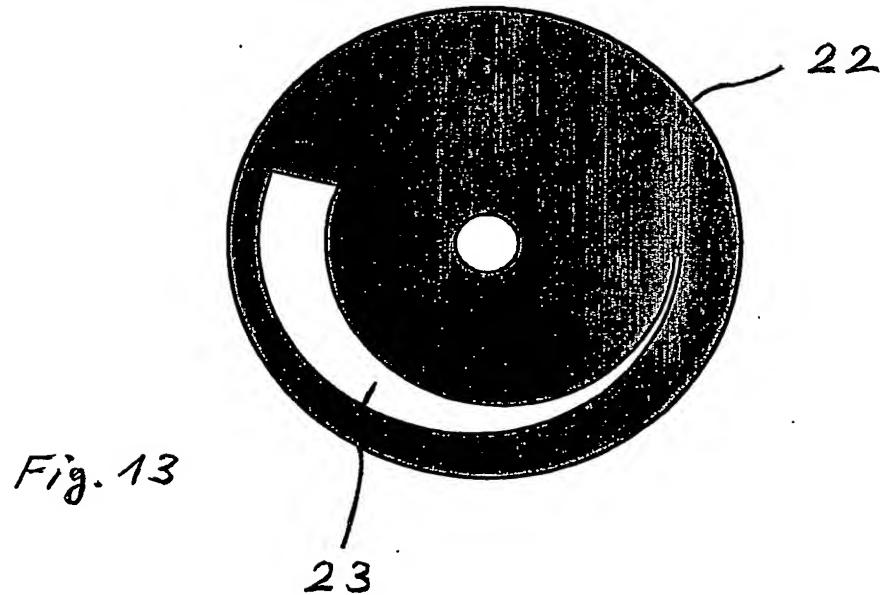


Fig. 13

BEST AVAILABLE COPY

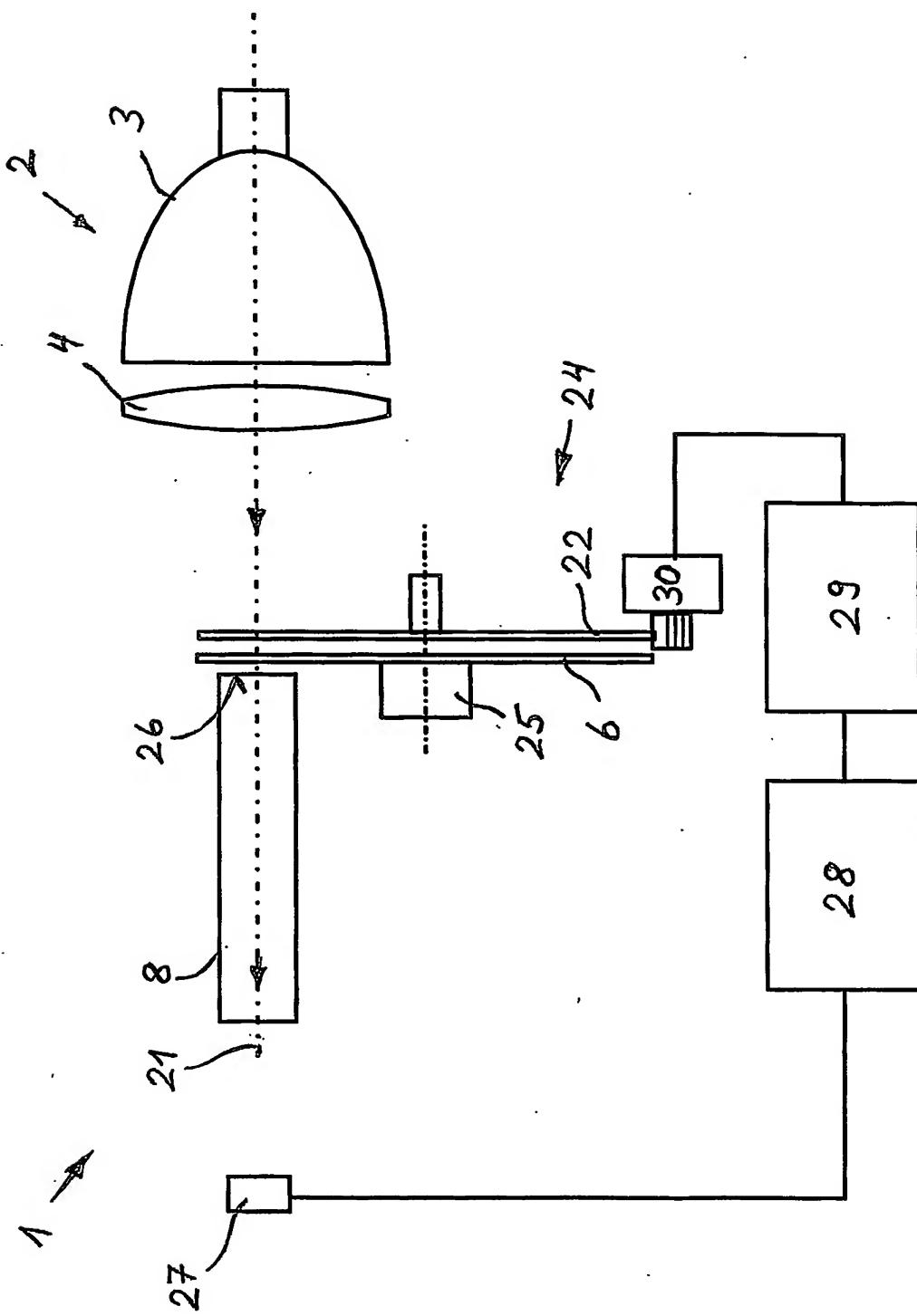


Fig. 14

BEST AVAILABLE COPY